

**METHOD OF ADJUSTING REFLECTION TYPE PROJECTION OPTICAL SYSTEM**

Patent number: JP2004246060

Publication date: 2004-09-02

Inventor: FURUSAWA TOSHINORI; OTSUKA MASARU

Applicant: CANON KK

Classification:

- international: G02B17/00; G02B27/18; H01L21/027; G02B17/00;  
G02B27/18; H01L21/02; (IPC1-7): G02B17/00;  
G02B27/18; H01L21/027

- european:

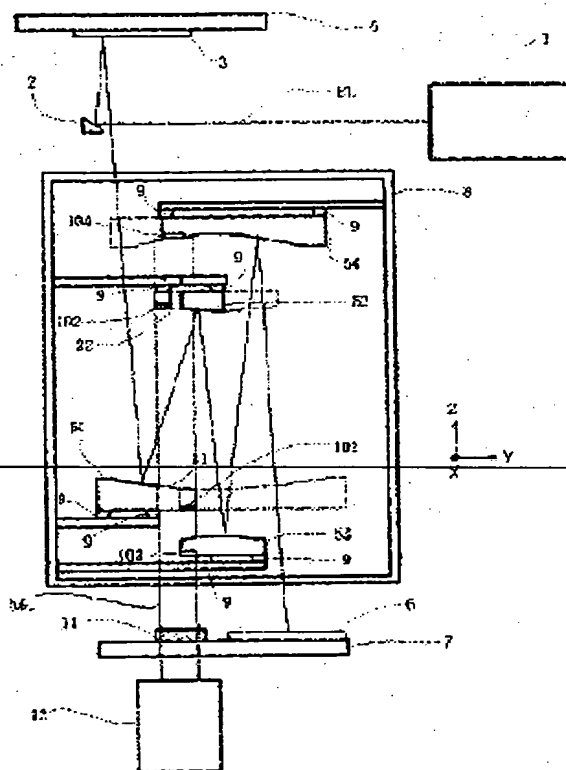
Application number: JP20030035597 20030213

Priority number(s): JP20030035597 20030213

Report a data error here

**Abstract of JP2004246060****PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of adjusting a reflection type projection optical system 8 by which optical elements 51 to 54 can accurately and easily be adjusted.**SOLUTION:** The method is characterised in that a transmissive plane primary standard unit 11 is arranged between the reflection type projection optical system 8 constituted of a plurality of catoptric elements 51 to 54 and a Fizeau's interferometer 12, and the positions of the elements 51 to 54 and the inclination thereof to an optical axis are adjusted based on information on interference fringe caused by reflected light waves from the standard 11 being the light waves radiated from the interferometer 12 and reflected light waves from plane mirror parts 101 to 104 provided in the elements 51 to 54 and perpendicular to the optical axes of the elements 51 to 54.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO&amp;NCIP



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-246060

(P2004-246060A)

(43) 公開日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02B 17/00  
G02B 27/18  
H01L 21/027

F1

G02B 17/00 A  
G02B 27/18 Z  
H01L 21/30 531A

テーマコード(参考)

2H087  
5F046

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2003-35597 (P2003-35597)  
(22) 出願日 平成15年2月13日(2003.2.13)

(71) 出願人 000001007  
キヤノン株式会社  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
(74) 代理人 100088096  
弁理士 福森 久夫  
(72) 発明者 古澤 俊範  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
ノン株式会社内  
(72) 発明者 大塚 勝  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
ノン株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA21 NA04 TA02 TA08  
5F046 DA13 DB04 DC10 GA03 GA11  
GA14 GB01 GB02 GC03

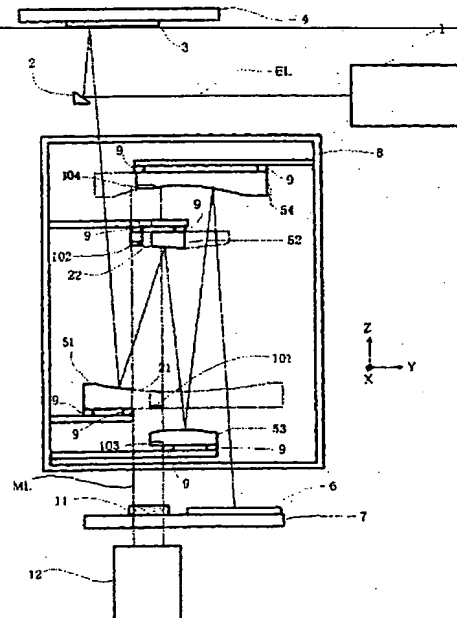
(54) 【発明の名称】 反射型投影光学系の調整方法

(57) 【要約】

【課題】光学素子51～54の調整を高精度に、かつ簡単に行うことができる反射型投影光学系8の調整方法を提供すること。

【解決手段】複数の反射光学素子51～54から構成される反射型投影光学系8とフィゾー干渉計12との間に透過平面原器11を配置し、前記フィゾー干渉計12から照射した光波の前記透過平面原器11からの反射光波と、前記反射光学素子51～54に設けられ、前記反射光学素子51～54の光軸に垂直な平面ミラー部101～104からの反射光波とによる干渉縞情報に基づき前記反射光学素子51～54の位置乃至光軸に対する傾きを調整することを特徴とする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の反射光学素子から構成される反射型投影光学系とフィゾー干渉計との間に透過平面原器を配置し、前記フィゾー干渉計から照射した光波の前記透過平面原器からの反射光波と、前記反射光学素子に設けられ、前記反射光学素子の光軸に垂直な平面ミラー部からの反射光波とによる干渉縞情報に基づき前記反射光学素子の位置乃至光軸に対する傾きを調整することを特徴とする反射型投影光学系の調整方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【産業上の利用分野】

本発明は、反射型投影光学系の調整方法に関するものである。特に露光光源として紫外線や極端紫外線（EUV: Extreme Ultra Violet）光を利用する露光装置に好適に利用可能な反射型投影光学系の調整方法に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

## 【特許文献 1】

特開 2000-98228 号公報

半導体素子、または液晶表示素子などを製造するために用いられる露光装置として、所定のパターンが形成された投影原版としてのマスクを投影光学系を介し感光性基板上に投影露光する技術が知られている。このような投影光学系としては、露光波長の光を透過させる光学特性を有する屈折光学素子（レンズなど）から構成される屈折型投影光学系、露光波長の光を反射させる光学特性を有する反射光学素子（ミラーなど）から構成される反射型投影光学系、また、この屈折光学素子と反射光学素子とを組み合わせた反射屈折型投影光学系などが知られている。

## 【0003】

露光に用いる光の波長は、半導体素子の集積度の向上にともない、超高圧水銀ランプ（i 線：波長約 365 nm）、KrF エキシマレーザー（波長約 248 nm）、ArF エキシマレーザー（波長約 193 nm）を用いることが提案されている。さらに、半導体素子の集積度を向上するために、露光装置における投影光学系の解像度もさらに高くすることが要求されている。この投影光学系の解像度は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数（NA）に反比例する。従って、波長を短くするほど、解像度は高くなる

## 【0004】

このため、投影光学系の解像度を高くするためには、波長  $\lambda$  を小さくすることが極めて有効であり、最近では波長 5 ~ 15 nm 程度の極端紫外光（EUV）を用いた縮小投影露光装置（以下、EUV 露光装置）の開発が進められており、次々世代の有力な露光装置として注目されている。

## 【0005】

このような EUV 露光装置に用いられる投影光学系には、この EUV 光の波長域を透過させる硝材が存在しないためレンズなどの屈折光学素子が使用できず、ミラーなどの反射光学素子による反射型投影光学系が用いられる。例えば、特許文献 1 に 4 枚のミラーにより構成された投影光学系が提案されている。

## 【0006】

この EUV 露光装置の投影光学系を製造するにあたっては、要求される投影光学系の結像性能を満足するために、各反射光学素子の光軸に対する傾き、及び光軸方向の位置を高精度に調整する必要がある。また、露光装置の搬送、移動や経時変化などにより光学素子が位置ずれを起こした場合においても、各反射光学素子の傾き、及び光軸方向の位置を再度調整することが必要とされる。

## 【0007】

従来の露光装置においては、各光学素子に枠を取付け、この枠を基準に機械的な精度で投

10

20

30

40

50

影光学系を組立て、その後、可視光、紫外光などの調整用光源を用いて投影光学系の結像性能を測定する工程と、その測定結果にもとづいて各光学素子の光軸に対する傾き、及び光軸方向の位置を調整する工程による粗調整と、同様にして、露光光源を用いて各光学素子の光軸に対する傾き、光軸方向の位置を微調整する最終調整を行っていた。

#### 【0008】

しかしながら、EUV露光装置においては、露光光と調整用の可視光、紫外光では波長が大きくことなるため、可視光、紫外光を使用した粗調整では色収差が発生していた。この色収差のため、粗調整での誤差が大きくなり、最終調整の時間が長くなってしまうといった問題がある。また、露光装置の搬送・移動や経時変化などにより光学素子が傾斜、位置ずれを起こしてしまった場合には、露光装置から投影光学系を取り出す必要があるため、再度調整することが困難であるといった課題がある。 10

#### 【0009】

このため、複数の光学素子からなる投影光学系を備えた露光装置において、投影光学系の各光学素子の光軸に対する傾き、光軸方向の位置の調整を高精度に、かつ簡単に行うことができる露光装置の調整方法が求められている。

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、EUV露光装置等の調整方法において、投影光学系を構成する複数の反射光学素子の光軸に対する傾き、及び光軸方向の位置を高精度に計測かつ調整可能な反射型投影光学系の調整方法を提供することを目的とする。 20

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は前記課題を解決するためになされたものである。

#### 【0012】

解決手段1は、複数の反射光学素子から構成される反射型投影光学系とフィゾー干渉計との間に透過平面原器を配置し、前記フィゾー干渉計から照射した光波の前記透過平面原器からの反射光波と、前記反射光学素子に設けられ、前記反射光学素子の光軸に垂直な平面ミラー部からの反射光波とによる干渉縞情報に基づき前記反射光学素子の位置乃至光軸に対する傾きを調整することを特徴とする反射型投影光学系の調整方法である。

#### 【0013】

解決手段2は、前記フィゾー干渉計は、前記複数の反射光学素子の平面ミラー部からの反射光波を同時に検出することを特徴とする解決手段1に記載の反射型投影光学系の調整方法である。 30

反射光波を同時に検出することにより、一回の計測で反射型投影光学系を構成する各光学素子間の相対位置を計測できるという利点が得られる。

#### 【0014】

解決手段3は、前記フィゾー干渉計から照射した光波は、少なくとも2波長以上のレーザ光源からの光波であることを特徴とする解決手段1又は2に記載の反射型投影光学系の調整方法である。

2波長以上のレーザ光源をからの光波を用いることにより干渉縞の位相差により縞次数を決定する合成波長法により透過平面原器に対する光学素子の位置をも検出することが可能となる。 40

#### 【0015】

解決手段4は、複数の反射光学素子から構成される反射型投影光学系により投影原版の像を基板へ縮小転写する露光装置の調整方法において、前記反射型投影光学系とフィゾー干渉計との間に透過平面原器を配置し、前記フィゾー干渉計から照射した光波の前記透過平面原器からの反射光波と、前記反射光学素子に設けられ、前記反射光学素子の光軸に垂直な平面ミラー部からの反射光波とによる干渉縞情報に基づき前記反射光学素子の位置乃至光軸に対する傾きを調整することを特徴とする露光装置の調整方法である。

露光装置は、搬送・移動や経時変化などにより光学素子が傾斜、位置ずれを起こしやすく 50

、また、高精度の調整を行う必要があるが、本手段によれば高精度にかつ簡単に傾斜・位置ずれを調整することが可能であり、特に有効である。

【0016】

解決手段5は、前記フィゾー干渉計は、前記複数の反射光学素子の平面ミラー部からの反射光波を同時に検出することを特徴とする解決手段4に記載の露光装置の調整方法である。

【0017】

解決手段6は、前記フィゾー干渉計から照射した光波は、少なくとも2波長以上のレーザ光源からの光波であることを特徴とする解決手段4又は5に記載の露光装置の調整方法である。

10

【0018】

解決手段7は、複数の反射光学素子から構成される反射型投影光学系において、前記反射光学素子の各々には前記反射光学素子の光軸に垂直な平面ミラー部が形成されていることを特徴とする反射型投影光学系である。

【0019】

解決手段8は、各光学素子には、光学素子の傾斜乃至位置を調整するための駆動素子が設けられていることを特徴とする解決手段7に記載の反射型投影光学系である。

この駆動素子により検出された光学素子の傾斜・位置ずれを正規のものに調整することが可能となる。

解決手段9は、前記平面ミラー部は前記反射光学素子の反射面の有効反射面外もしくは該反射面の裏面に形成されていることを特徴とする解決手段7に記載の反射型投影光学系である。

20

反射面の有効反射面外もしくは該反射面の裏面に平面ミラー部を形成しておくことにより、平面ミラー部と反射光学素子の反射面の位置、傾きを前もって計測することで、反射面の位置、傾きを高精度に調整できるという利点が生じる。

【0020】

解決手段10は、前記平面ミラー部は、前記平面ミラー部の各々からの反射光波が同時に検出される位置に配置されていることを特徴とする解決手段7に記載の反射型投影光学系である。

【0021】

解決手段11は、前記複数の反射光学素子の少なくとも1つには、前記平面ミラー部の各々からの反射光波を同時に検出するための切り欠き部乃至貫通孔が形成されていることを特徴とする解決手段10に記載の反射型投影光学系である。

30

切り欠き部乃至貫通孔を予め設けておけば、容易に同時検出を行うことができる。

【0022】

解決手段12は、解決手段7乃至11のいずれか1項記載の反射型投影光学系により投影原版の像を基板へ縮小転写することを特徴とする露光装置である。

【0023】

解決手段13は、前記透過平面原器を前記基板、もしくは前記投影原版を搭載するステージ上に配置したことを特徴とする解決手段12に記載の露光装置である。

40

【0024】

解決手段14は、光軸に垂直となる平面ミラー部が形成されていることを特徴とする光学素子である。

【0025】

解決手段15は、一部に切り欠き部乃至貫通孔を有することを特徴とする解決手段14記載の光学素子である。

【0026】

【作用】

前記フィゾー干渉計から出射された光波は前記透過平面原器において、一部の光波は参照光波として反射され、残りの光波は前記透過平面原器を透過し、前記反射光学素子のそれ

50

それぞれの平面ミラー部により反射され測定光波となる。そして、フィゾー干渉計ユニットにおいて、この前記参照光波と前記測定光波は干渉され干渉縞が発生される。この干渉縞の位相分布により、前記透過平面原器に対する前記反射光学素子の傾きを検出することが可能となる。さらに、前記フィゾー干渉計において、波長の異なるレーザ光源を用い、同様に干渉縞を発生させ、干渉縞の位相を算出し、波長の異なる2つのレーザ光源による2つの干渉縞の位相差により縞次数を決定する合成波長法により、前記透過平面原器に対する前記反射光学素子の位置を検出することができる。

#### 【0027】

これらにより、得られた各反射光学素子の透過平面原器に対する傾き、及び透過平面原器からの位置をもとに各反射光学素子に駆動素子を取り付けておけば、駆動素子により、各反射光学素子の透過平面原器に対する傾き、及び透過平面原器からの位置を高精度に調整することができる。

#### 【0028】

なお、露光装置の場合には、ここで、透過平面原器は投影原版、もしくは基板を搭載するステージ上に配置されているため、各反射光学素子は光軸に対する傾き、及び光軸方向の位置を調整することとなる。

#### 【0029】

##### 【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は、本発明の実施の形態による反射型投影光学系を備えた露光装置の一実施例を示す概略構成図である。この露光装置では、露光用の照明光（露光光）として5～15 nmの軟X線領域の極端紫外光（EUV光）ELを用いて、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光動作を行う縮小投影型の露光装置である。本例では、投影原版としてのレチクル3からの反射光束の主光線をウエハ6上に実質的に垂直に投射する投影光学系8が使用されているので、以下においては、この投影光学系8からウエハ6へのEUV光ELの主光線の投射方向を投影光学系の光軸方向と呼ぶとともに、この光軸方向をZ軸方向、これに直交する面内で図1の紙面内の左右方向をY軸方向、その紙面に直交する方向をX軸方向として説明する。

#### 【0030】

図1において、1は光源装置であり、例えば、レーザプラズマ光源が用いられる。これは、真空容器中のターゲット材に高強度のレーザ光を照射し、高温のプラズマを発生させ、照射される波長13 nm程度のEUV光を利用するものである。この光源装置1の中には、本図に図示されていないが数枚のミラーによりEUV光ELをレチクル3に均一に照射するための照明光学系が含まれている。

#### 【0031】

光源装置1から発生されたEUV光ELは折返しミラー2にて反射されレチクルステージ4上に配置されているレチクル3に投射され、レチクル3に描画された回路パターンの一部の像を投影光学系8を介して基板としてのウエハ6上に投影しつつ、レチクル3とウエハ6を投影光学系8に対して1次元方向（ここではY軸方向）に相対走査することで、レチクル3の回路パターンの縮小像の全体をウエハ6上の複数のショット領域の各々にステップ・アンド・スキャン方式で転写を行う。

#### 【0032】

投影光学系8は、第1ミラー51、第2ミラー52、第3ミラー53、第4ミラー54の4枚の反射光学素子にて構成されており、各反射光学素子の反射面は設計値に対して露光波長の約50分の1から60分の1以下の精度で加工されている。各反射光学素子の素材は低膨張ガラス材、セラミックス、あるいは金属であって、表面にはEUV光ELを反射するための反射膜が形成されている。この反射膜は、例えば2種類の物質を交互に積層させた多層膜である。ここでは、モリブデンMoと珪素Siとの多層膜を用いて波長13 nmのEUV光に対して、反射率70%の反射膜を形成している。

#### 【0033】

ここで、第1ミラー51～第4ミラー54は駆動素子9により投影光学系8に接続されて

おり、第1ミラー51と第3ミラー53には、裏面に光軸に対して垂直な平面ミラー部101、103がそれぞれ形成されており、第2ミラー52と第4ミラー54は有効反射面外に光軸に対して垂直な平面ミラー部102、104がそれぞれ形成されている。

#### 【0034】

また、ウエハステージ7上に透過平面原器11が配置され、その下部にはフィゾー干渉計ユニット12が配置されている。この透過平面原器11はフィゾー干渉計ユニット12から出射される測定光束MLの一部を参照光波としてフィゾー干渉計ユニット12に反射するとともに、残りを平面光波として透過するものである。

#### 【0035】

図2において、フィゾー干渉計ユニット12について説明する。図2に示すフィゾー干渉計ユニット12は、測定レーザ光源系13、レンズ14、ハーフミラー15、集光レンズ16、及びCCDカメラ17で構成されており、レーザ光源系13は図示していないが2つの波長のレーザ光源をを選択的に切り替えることができる。

#### 【0036】

測定レーザ光源系12から発生する単波長レーザ光は、レンズ14により発散され、ハーフミラー15において反射され、測定光即MLとしてフィゾー干渉計ユニット12より出射される。このフィゾー干渉計ユニット12より出射された測定光束MLの一部は、透過平面原器11により参照波面としてフィゾー干渉計ユニット12に反射され、その他は透過平面原器11を透過し、投影光学系8を構成する第1ミラー51から第4ミラーの平面ミラー部101～104にて反射され、測定波面としてそれぞれフィゾー干渉計ユニット12に戻る。フィゾー干渉計ユニット12に戻ってきたこの参照波面と測定波面はハーフミラー15を透過し、CCDカメラ17の撮像面上で干渉し干渉縞を形成する。

#### 【0037】

この干渉縞は、透過平面原器11をフリンジスキャン用電歪素子（図示しない）により光軸方向にスキャンすることで、高精度に位相分布を検出することができ、透過平面原器11に対する平面ミラー部101～104の傾きをそれぞれ計測することができる。この透過平面原器11に対する平面ミラー部101～104の傾き情報をもとに、駆動素子9により投影光学系8を構成する第1ミラー51～第4ミラー54の傾きを微動させることで、透過平面原器11に対する第1ミラー51～第4ミラー54の傾きを調整を行う。

#### 【0038】

次に、測定レーザ光源系12において、光源の波長を切り替え、上記と同様にして、投影光学系8を構成する第1ミラー51～第4ミラー54の平面ミラー部101～104の位相をそれぞれ検出する。平面ミラー101～104について、異なる2つの波長による位相の差を取ることで、透過平面原器11に対する平面ミラー部101～104の光軸方向の位置をそれぞれ計測することができる。この透過平面原器11からの光軸方向の位置の情報をもとに駆動素子9により投影光学系8を構成する第1ミラー51から第4ミラー54の位置を微動させることで、透過平面原器11を基準として、投影光学系8を構成する第1ミラー51～第4ミラー54の傾き、光軸方向の位置を調整する。

#### 【0039】

ここで、ウエハステージ7上に配置されて透過平面原器11を透過した測定光束MLを第1ミラー51～第4ミラー54の平面ミラー部101～104に到達させるため、第1ミラー51～第4ミラー54には、貫通穴や切り欠きを設けられている。また、重なり合う平面ミラー部についてはその位置をずらして配置されている。

#### 【0040】

第1ミラー51の平面ミラー部101については、図3に示すように第3ミラー53に切り欠きが設けられており、平面ミラー101と平面ミラー103は周方向に位置をずらして配置されている。

#### 【0041】

第2ミラー52の平面ミラー部102については、図4に示すように第1ミラー51に貫通穴21が設けられており、測定光束MLは貫通穴21を通過して、第2ミラー52の平

面ミラー部102に投射される。

【0042】

第4ミラー54の平面ミラー部104について、測定光束MLは図5に示すように第1ミラー51の貫通穴21を通過し、さらに、第2ミラーの貫通穴22を通過し、第4ミラー54の平面ミラー部104に投射される。

【0043】

【発明の効果】

以上、説明したように、本発明によれば、複数の反射光学素子から構成される反射型投影光学系により投影原版の像を基板へ縮小転写する露光装置において、投影光学系の調整時に、高精度かつ簡単に各反射光学素子の傾き乃至光軸方向の位置を計測することができ、  
10  
アライメントを行うことが可能となる。

【0044】

また、本発明は投影光学系の組立て時に限らず、装置の搬送や経時変化などにより光学素子が傾斜や位置ずれした場合においても、当該光学素子があるべき傾き、位置に戻すようなオンマシンでの調整にも適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る露光装置を示す概略構成図である。

【図2】図1におけるフィゾー干渉計ユニット12の内部構成例を示す概略図である。

【図3】図1における第1ミラー51の平面ミラー部101と第3ミラー53の平面ミラー部103の配置を示す説明図である。  
20

【図4】図1における第1ミラー51の平面ミラー部101と第2ミラー52の平面ミラー部102の配置例を示す説明図である。

【図5】図1における第1ミラー51の平面ミラー部101と第4ミラー54の平面ミラー部104の配置例を示す説明図である。

【符号の説明】

1 光源装置（照明光学系の一部を含む）

2 折返しミラー

3 反射型レチクル

4 レチクルステージ

6 ウエハ

7 ウエハステージ

8 投影光学系

9 駆動素子

11 透過平面原器

12 フィゾー干渉計ユニット

13 測定レーザ光源系

14 レンズ

15 ハーフミラー

16 集光レンズ

17 CCDカメラ

21、22 貫通穴

51 光学素子（第1ミラー）

52 光学素子（第2ミラー）

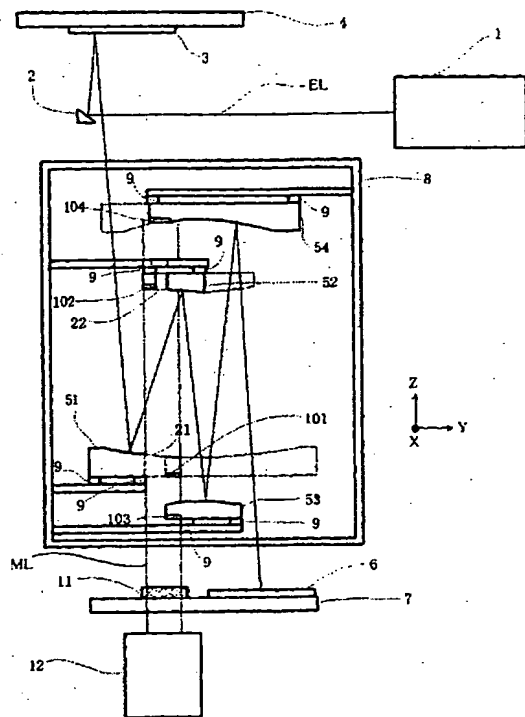
53 光学素子（第3ミラー）

54 光学素子（第4ミラー）

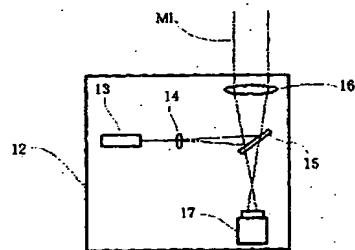
101、102、103、104 平面ミラー部



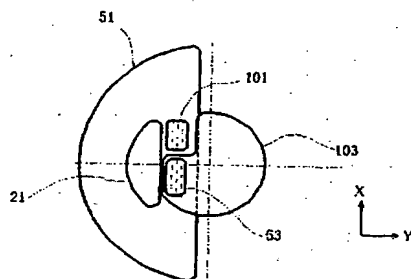
【図 1】



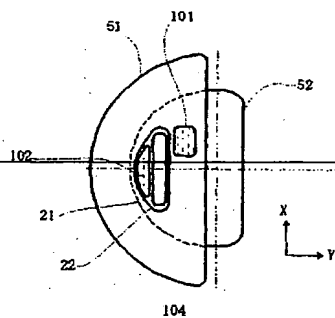
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

